

空气支柱减振全息摄影工作台

Abstract: We derive the formulae for computing the natural frequency of the air-supported absorber and introduce briefly the mounting process of the holographic bench.

我们设计的全息摄影减振工作台，是用一块 3.05×1.4 米²、其总重为 2.1 吨的铸铁平台，支承在六个空气减振支柱上。空气支柱内压较低时， K 值较小。空气支柱是利用六个飞机机轮内胎改制的，为了使支柱内的压力相等，用紫铜管串通六个内胎，以达到六个空气支柱的容变系数一致的目的，见图 1。所有管道的连接处均要注意密封，以防漏气。机轮内胎进气管口与紫铜管连接处的密封，采用锥面压紧配合方案，其结构如图 2 所示。

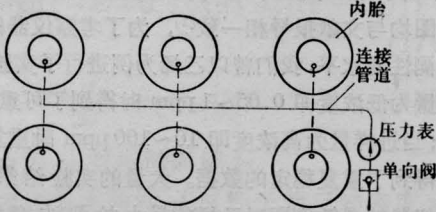


图 1

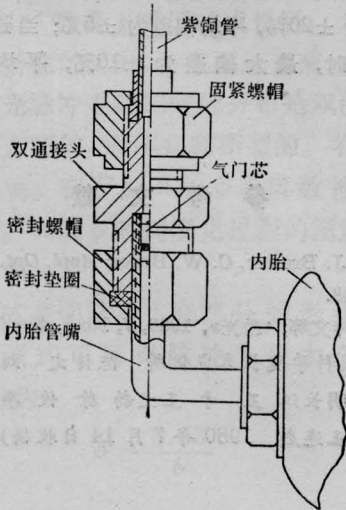


图 2

为了达到多级减振和减冲击作用，减振工作台的弹性体系采用多级混合支承方案，结构布置如图 3 所示。由图看出，弹性支承体是由“煤渣——沙粒——层板——空气支柱——铸铁平台”所组成的综

合性多级减振系统。从而获得良好的减振和减冲击的效果。

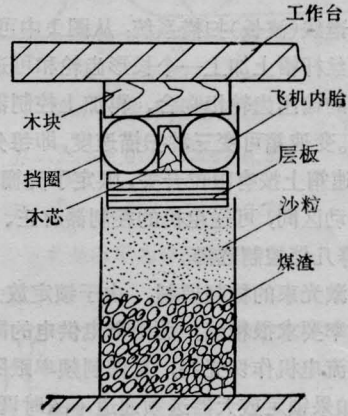


图 3

如图 4 所示的空气支柱，同样也可以求出它的固有频率。设内胎容积为 V ， S 为平台与内胎的接触面积， mg 为内胎支承的重量， p_0 为大气压强， p 为轮胎的内压强。

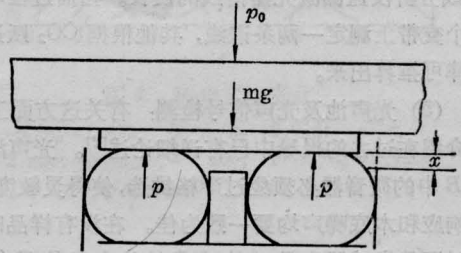


图 4

当外界振动通过基座传入空气支柱中时，在空气支柱中造成气体的稠密与稀疏区域，类似压力波在气体中的传播。这种压缩与膨胀过程进行得非常快，来不及与周围进行热交换。因而可以认为是绝热过程而得到绝热方程：

$$\frac{\Delta p}{p} + \gamma \frac{\Delta V}{V} = 0$$

$$\therefore \Delta p = -\gamma p \frac{\Delta V}{V} \quad (1)$$

其中 γ 为绝热系数, 对于空气 $\gamma=1.4$, Δp 、 ΔV 分别表示绝热过程中压强及体积的增量。由图 4 可知:

$$\Delta V = Sx \quad (2)$$

当空气支柱产生 x 微位移时, 作用在支柱上的力为:

$$F = \Delta p S = -\gamma p \frac{\Delta V}{V} S = -\gamma p \frac{S^2}{V} x \quad (3)$$

如不考虑系统的阻尼, 系统受一干扰后, 则作无阻尼自由振动。由牛顿第二定律可写出运动微分方程:

$$\ddot{x} + \gamma p \frac{S^2}{mV} x = 0,$$

故得

$$\omega_0 = \sqrt{\gamma p \frac{S^2}{mV}}$$

$$\therefore f_0 = \frac{1}{2\pi} \omega_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\gamma p \frac{S^2}{mV}} \quad (4)$$

其中: $p = \frac{mg}{S} + p_0$

将 p 代入(4)式得:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\gamma \frac{Sg}{V} \left[1 + \frac{p_0 S}{mg} \right]} \quad (5)$$

由上式可以求出空气减振支柱在不同内压下的固有频率。其计算结果见表 1。

表 1

S (厘米 ²)	1565	989	576	494	412
V (厘米 ³)	20370	27160	32010	32980	33950
计算频率 f_0	12.1	6.96	4.07	3.55	3.03
实测频率(次/秒)	11.6	6.41	3.85	3.57	3.33

为了鉴定工作台的减振性能, 对工作台在减振支柱上的固有频率进行了实测。实测采用强迫振动法进行。在内胎充以不同的气压下, 测得垂直方向平移振型的频率, 其结果见表 1。

当减振台的内胎气压为 0.5 个大气压时, 我们还测定了减振台的自由振动曲线。由图 5 可以看出: $f_0 \approx 3.6$ 赫(走纸速度为 25 毫米/秒)

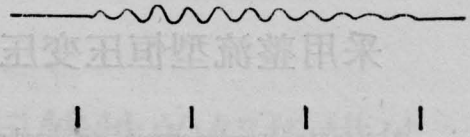


图 5

表 2

减振器类型	负荷条件下垂直方向的固有频率(赫)
全金属减振器	10
摩擦阻尼式减振器	15
等频阻尼减振器	7.5
无阻尼弹簧式减振器	6~7
球面橡皮金属减振器	11~12
支柱形减振器	11~13
环形橡皮金属减振器	15~20
自制空气支柱减振器($p=0.7$)	3.33

目前国内设计的全息摄影减振工作台, 绝大多数采用橡皮或泡沫塑料进行减振。由于它们是有机材料, 对温度、油质的破坏作用敏感, 而影响其减振质量。另外, 在设备重量的长期作用下, 有机材料由于老化、压实而失去弹性, 也严重影响减振效果。而空气支柱减振, 则不存在上述缺点。即使气室采用橡皮轮胎, 由于充气压力可以控制, 使其处于原设计状态, 因而减振效果稳定、可靠。日本生产的 FH-100 型全息测振仪就是采用空气支柱减振。空气减振的明显优点是使系统可获得很低的固有频率。我们设计的减振台, 当内压 $p=0.5$ 时, $f_0 \approx 3.6$, $p=0.7$ 时, $f_0=3.33$ 。与国内外其它类型减振器比较(见表 2), 其固有频率是最低的。目前空气支承减振已有人用于引力波探测天线的安装上, 其固有频率可达 0.5 赫。

我们在减振台上采用各种不同的方法, 进行了长期的不同类型的干涉测量。减振台在邻室吊车起吊、大电机起动、疲劳试验进行等强烈振动干扰下, 都能照常工作, 能拍出条纹图象清晰的全息照片。

(西北工业大学 余拱信 1980年6月6日

收稿)